



CACAO

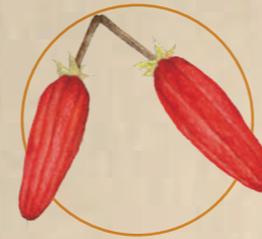
ANTIOQUEÑO

*La sinfonía microbiana, química y sensorial:
un deleite de aromas y sabores de la mano del
cuidado y saberes del cultivador*

	AUTORES TEXTOS
<i>páginas 3-7</i>	
Introducción	Luisa Mariana Zapata Muñoz Pilar Ximena Lizarazo-Medina – Coordinadora pilar.lizarazo@udea.edu.co
La fermentación del cacao una sinfonía: hecha por microorganismos	
Inóculo microbiano un aporte para la calidad del grano y de su producto final	Grupo de Investigación en Ecología Microbiana y Bioprospección- EM&B. Universidad de Antioquia
<i>páginas 11-12</i>	
Secar el grano sin dañar el sabor	Maritza Andrea Gil Garzón Vanessa Gallego Londoño Dubán González Álvarez Carolina Bedoya Vergara Luz María Alzate Tamayo - Coordinadora lualzate@lasallistadocentes.edu.co
Una mirada química al secado del grano de cacao	Grupo de Investigación GRIAL – Unilasallista Corporación Universitaria
Compuestos no deseados formados durante el secado	
<i>páginas 14-18</i>	
Sustancias de olor y aroma en los procesos de poscosecha	Carlos Mario Ocampo Arango Luis Danilo Porras Barrientos Maurem Paola Ardilla Castañeda Olga Lucia Martinez Alvarez - Coordinadora olga.martinez@udea.edu.co
¿Cómo identificar la calidad del cacao?	Grupo de investigación en Ciencia Sensorial. Universidad de Antioquia
Un laboratorio en el cultivo	
<i>páginas 19</i>	
Agradecimientos	Coordinadores Grupos de Investigación

DISEÑO E ILUSTRACIÓN

Diego A. Zapata y Ana Raquel Hoyos.



La fermentación del cacao

descubriendo un tesoro antioqueño

Actualmente, el cacao es uno de los productos con mayor interés agroeconómico por lo que el número de hectáreas sembradas ha aumentado notablemente en los últimos años. En Colombia 52.000 familias se dedican al cultivo de cacao y las condiciones climáticas favorecen que se presenten dos cosechas en el año. La calidad del fruto producido en cuanto a tamaño, número de granos, composición química y sanidad depende del material vegetal y de las correctas prácticas de nutrición, poda y manejo sanitario. La obtención de un fruto de cacao sano y maduro es de gran valor comercial, ya que sus granos una vez fermentados y secos, son la materia prima para la elaboración del chocolate.

Desde el 2015 al 2019, financiado por el Sistema General de Regalías, la Gobernación de Antioquia, la Corporación Universitaria Lasallista, la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO) y la Universidad de Antioquia desarrollaron el proyecto de investigación titulado **Implementación de modelos para garantizar la calidad**

del grano de cacao en poscosecha: Estrategias sostenibles enmarcadas en el comercio internacional, en el que se atendió la demanda de la Cadena Regional de Cacao de Establecer métodos estandarizados de los procesos de beneficio y calidad de grano.

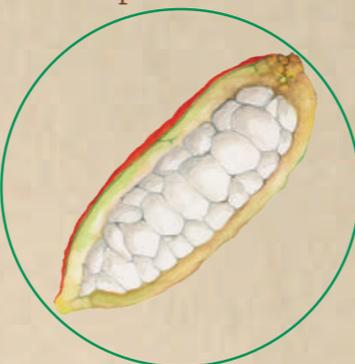
En el desarrollo del proyecto investigadores de los grupos de Ciencia Sensorial, Ecología Microbiana y Bioprospección y Grial estudiaron sensorial, microbiológica y químicamente las fermentaciones espontáneas en las subregiones de Bajo Cauca, Magdalena Medio y Urabá y se determinó un inóculo fermentativo. También se evaluó el secado natural frente a un sistema de secado automatizado y finalmente se propusieron características de calidad y protocolos para alcanzar tales estándares. En esta cartilla les presentamos conceptos importantes del proceso de beneficio.



Cultivo de Cacao



Pulpa+Granos



pH 3,0-4,0
 Sucrosa
 Ácido cítrico
 Pectina
 Agua

La fermentación del cacao

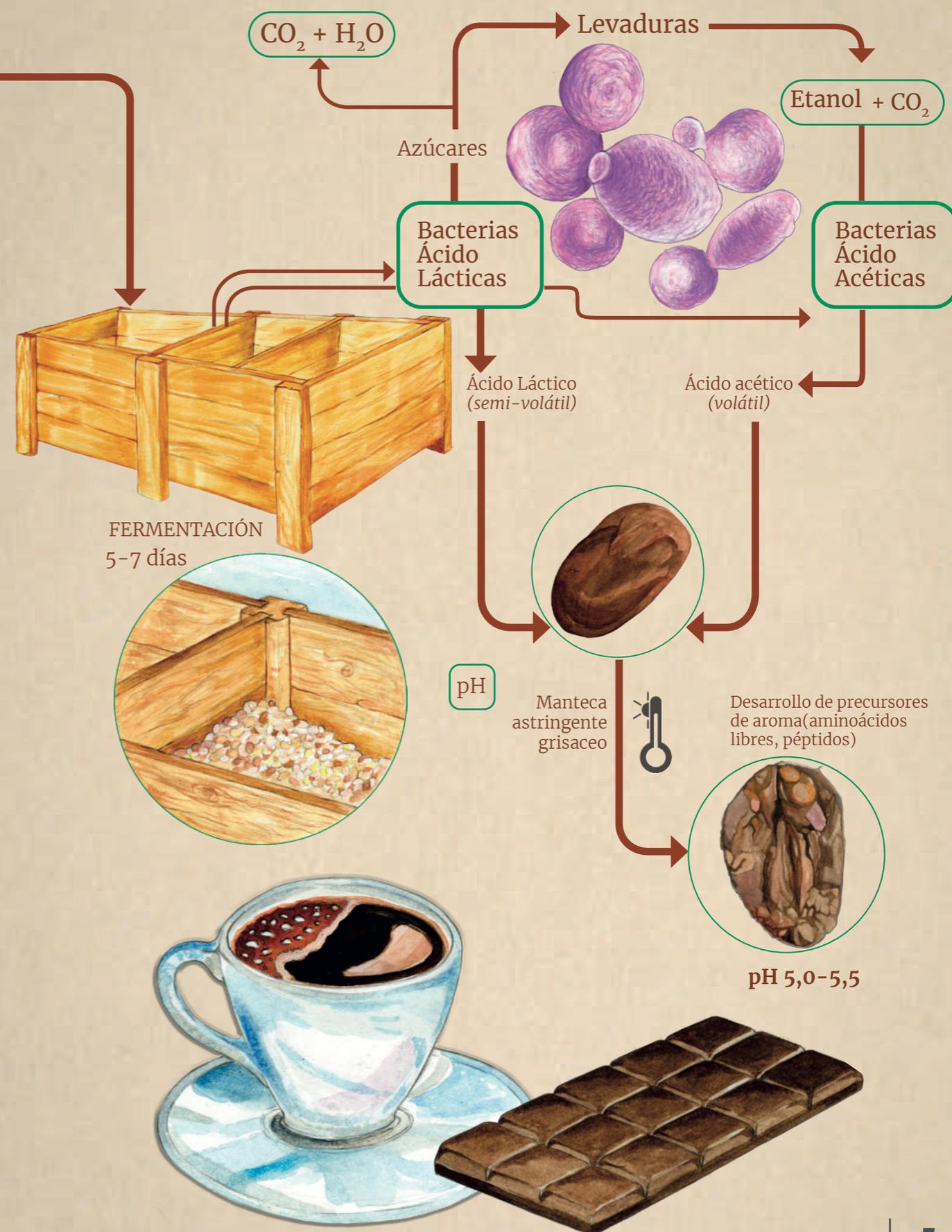
una sinfonía hecha por microorganismos

La fermentación es un proceso bioquímico, de catabolismo u oxidación de compuestos, que es realizado por los microorganismos liberando gas y calor. La acción microbiana en la fermentación sobre el grano de cacao es relevante, ya que debido a su metabolismo se producen compuestos que son considerados valiosos precursores de las moléculas que otorgan las notas de sabor y aromas que caracterizan y dan calidad, al chocolate.

La materia prima para estos microorganismos es la pulpa dulce, blanca y mucilaginosa que rodea a los granos y está compuesta principalmente por agua, azúcares, ácido cítrico y pectina (fibra) y presenta un valor de acidez inicial pH de 3.5. Este mucílago es degradado por la acción de

diferentes microorganismos, produciendo **etanol** (alcohol), **ácido láctico** y **acético** y generando calor. La difusión de estos compuestos al centro del grano origina a una serie de reacciones químicas que modifican su interior conduciendo a la muerte del embrión y a la degradación de los tejidos.

Los principales microorganismos que participan en la fermentación del cacao son hongos como las **levaduras** de especies de los géneros *Saccharomyces*, *Hanseniopsis*, *Pichia*, *Candida*, etc. Las **bacterias ácido lácticas** como *Lactobacillus fermentum*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Leuconostoc spp.* y *Streptococcus spp.* y las **bacterias ácido acéticas** como, las cuales *Gluconobacter oxydans* y algunas especies de *Acetobacter*, los cuales participan en momentos diferentes en la fermentación.



Durante la fermentación las poblaciones de levaduras, bacterias ácido lácticas y las ácido acéticas, se desarrollan en una sinfonía perfecta actuando en esa secuencia.

Las levaduras predominan durante las primeras horas de la fermentación consumiendo parte de los azúcares produciendo etanol y secretando enzimas que degradan el mucílago, lo que permite el aumento de las concentraciones de oxígeno en la masa de granos lo que también se favorece posteriormente por el volteo.

La presencia de oxígeno favorece el aumento en la concentración de las bacterias ácido lácticas. Estas transforman la glucosa produciendo ácido láctico (algunas producen también manitol, glicerol, etanol y otros compuestos aromáticos). La producción y consumo del ácido cítrico por parte de estas bacterias

contribuye al incremento del pH de la masa de granos haciéndola menos ácida para este momento de la fermentación.

Finalmente, aumentan las poblaciones de bacterias ácido acéticas las cuales consumen el etanol que produjeron las levaduras generando ácido acético, el cual es oxidado formando dióxido de carbono y agua. Estas reacciones incrementan la temperatura de la masa aproximadamente a 50 °C y un pH de 5; parte del ácido acético se evapora ingresando al interior del grano desencadenando la muerte del embrión.

Los granos bien fermentados y secos se caracterizan por un agradable aroma a cacao así como delicadas notas frutales, florales, herbales, de nuez o caramelo. Los granos sin fermentar presentan un sabor amargo y astringente sin aromas de chocolate.

Inóculo microbiano

un aporte para la calidad del grano y de su producto final

La fermentación se ha realizado, hace millones de años, por nuestros antepasados. Ocurre de manera natural, como la fermentación del vino, o de la leche para obtener yogur. Recientemente, en la mayoría de estos procesos se han realizado estudios con el fin de estandarizarlos y que sean realizados de manera controlada por microorganismos seleccionados específicamente para obtener un producto de mejor calidad microbiológica, química y sensorial.

Actualmente en el mercado es posible adquirir comercialmente microorganismos que pueden emplearse para la fermentación de diferentes materias primas. Las levaduras para hacer pan, vino, cerveza. Las bacterias lácticas para producir yogur, queso o fermentar la carne. Bacterias ácido acéticas para producir vinagre.

Durante este estudio a partir de microorganismos aislados de fermentaciones espontáneas conducidas en Carepa, Maceo y Caucasia (Antioquia), se

seleccionó un microorganismo potencial inóculo para producir granos fermentados con mejores características químicas y sensoriales.

Un inóculo microbiano, o cultivo iniciador se define como una preparación de una o varias especies microbianas, bacterias y/o levaduras, (en el caso de cacao), cuya actividad metabólica y cinética, acelera y conduce la fermentación permitiendo un mayor control del proceso y la producción de moléculas químicas sensoriales que ofrezcan notas agradables al producto final.



Durante el desarrollo de los estudios para seleccionar un inóculo se debe considerar que ese microorganismo debe resistir o tolerar las condiciones naturales del proceso, como la concentración de azúcares, de ácido, de alcohol, elevadas temperaturas o pH ácidos.

Durante la fermentación del grano de cacao la concentración de etanol, el pH ácido y las elevadas temperaturas actúan controlando las abundancias de las poblaciones microbianas y pueden inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos.

En el caso de las levaduras se conoce que la concentración de etanol puede causar inhibición en su desarrollo. Algunas levaduras sufren deterioro en la célula debido al etanol lo que puede causar su muerte. Las bacterias ácido lácticas y acéticas requieren de la presencia de oxígeno para desarrollarse, por

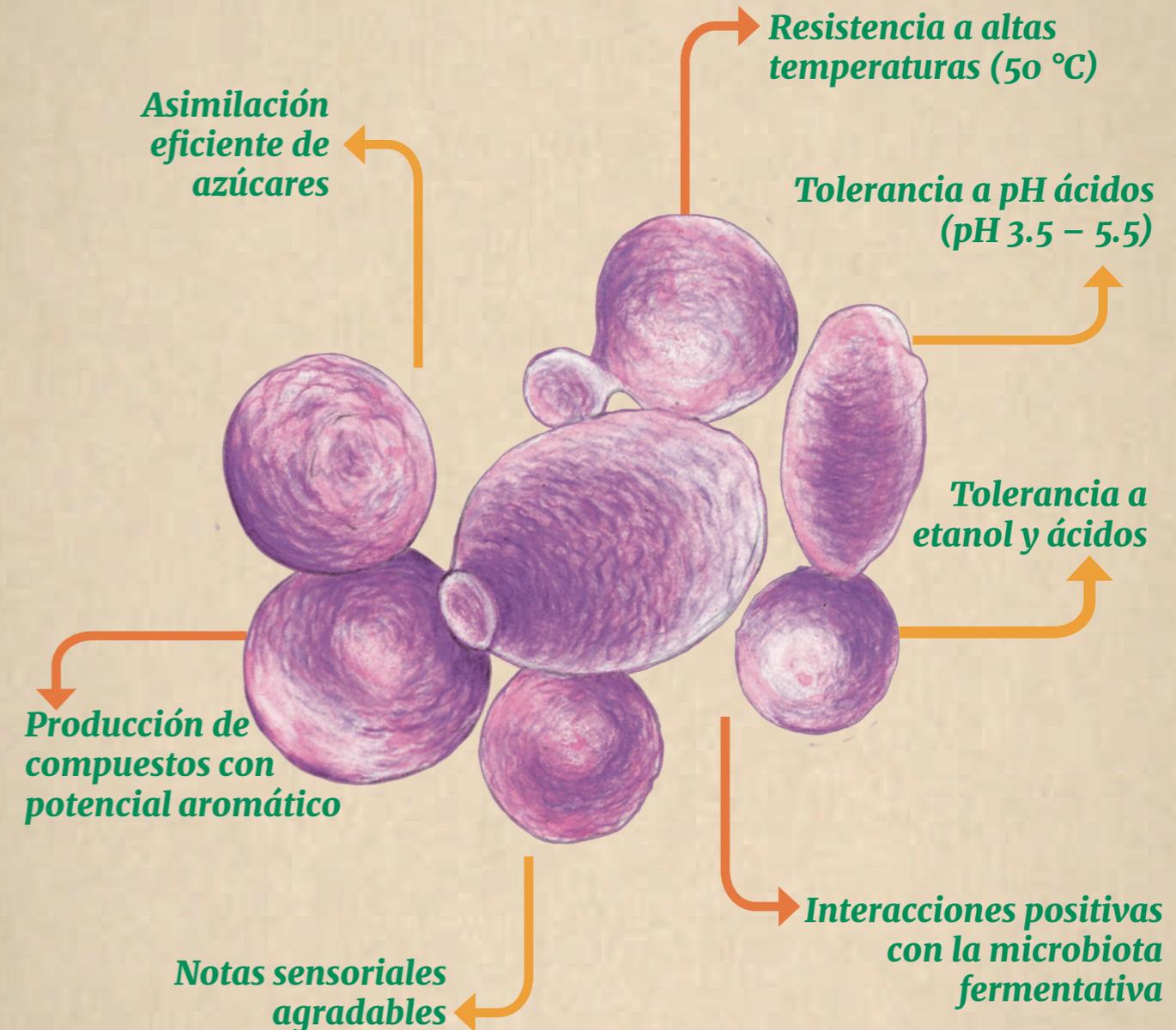


lo que el volteo de la masa de cacao es importante en el proceso.

En el beneficio de cacao, estudios internacionales han seleccionado levaduras y bacterias ácido lácticas que se han probado posteriormente en fermentaciones controladas y se ha observado que el resultado es positivo.

En este estudio se seleccionó una levadura colombiana que fue probada en fermentación en una subregión y una vez analizado el producto final frente a una fermentación llevada a cabo sin la adición de la levadura observó que en presencia del inóculo el proceso se desarrolló de forma más rápida y generó un producto con mejores características de aromas y sabores florales y frutales.

Características de un inóculo fermentativo



Dibujo de la levadura *S. cerevisiae*

Estandarización de la fermentación por inóculo microbiano



1. Estudio microbiológico de la fermentación

2. Aislamiento de microorganismos

3. Evaluación de microorganismos frente a factores de la fermentación

4. Pruebas en condiciones simuladas de la fermentación

5. Tasa de crecimiento y producción de compuestos

6. Selección de inóculo microbiano

7. Producción de inóculo (crecimiento escalonado)

8. Crecimiento eficiente de los microorganismos

9. Grano de cacao fermentado de calidad química y sensorial

Secar el grano sin dañar el sabor

La apariencia del grano de cacao fermentado antes del proceso de secado se destaca por su contenido de humedad, es viscoso y susceptible a la contaminación por hongos que lo pueden dañar e incluso pueden cambiarlo o deteriorarlo aromáticamente generando notas indeseables a tierra, madera húmeda, acidez intensa, amargo y alta astringencia. El secado es la etapa cuyo objetivo específico es disminuir la humedad al 7% y es en la que se transforman y fijan los compuestos aromático de los precursores generados en la fermentación por lo tanto debe garantizarse la inocuidad microbiana y que se lleve a cabo a la temperatura y tiempo suficiente.

Objetivo de secar los granos

Reducir la humedad 7% - 8%

Valores por debajo

Valores por encima

Quebraduras

Pérdida valor comercial y sensorial

Contaminación microbiana (hongos)

Procesos que ocurren durante el secado

Disminuye el ácido acético (acidez del grano)

Disminuye astringencia (sabor amargo)

Formación de aromas y sabores:

dulces, apanelados, frutas deshidratadas, breva, notas maderosas, de chocolate y especiadas como canela, vainilla y clavos de olor

Una mirada química

al secado del grano de cacao

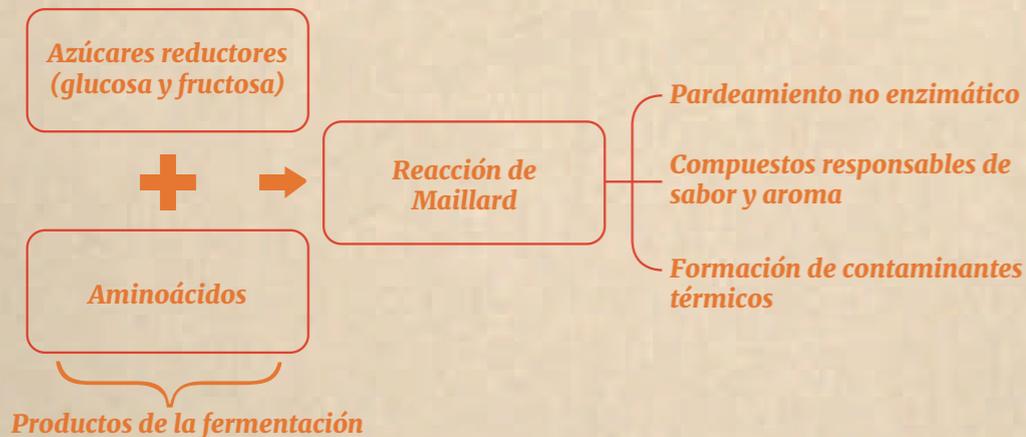
Los cambios físicos perceptibles que se aprecian en los granos de cacao son indicativos de la eficiencia de las reacciones químicas que se están llevando a cabo. Por ejemplo, el cambio del color de los granos hacia un tono café oscuro el cual ocurre por la oxidación de compuestos químicos como los polifenoles los cuales son antioxidantes naturales que producen las plantas.

Estos cambios nos ayudan a identificar el correcto desarrollo de los procesos de poscosecha, Otra pista de que está ocurriendo una reacción es el olor ácido que se desprende de los granos durante el secado. Cuando esto sucede, se puede decir que los compuestos responsables de aportar sabores ácidos se están volatilizandoy por este motivo el grano presenta más baja acidez.

Si en los procesos de poscosecha no se volatilizan suficientemente estas sustancias, se conserva una acidez residual. Esto no es deseable porque enmascara los atributos más apreciados del cacao. ¿Por qué sucede esto? Porque es más fácil evaporar el agua de los granos de cacao que volatilizar estos ácidos y pueden quedar encerrados en él, entre otras cosas, porque se endurece, lo que en términos de calidad no es deseable.

Una de las reacciones más importantes que ocurre en esta etapa de poscosecha es la reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático y es la que permite el desarrollo de propiedades como colores atractivos, texturas crujientes y aromas que favorecen la palatabilidad. En dicha reacción interaccionan los aminoácidos libres con los azúcares reductores los cuales quedan disponibles

Compuestos no deseados formados durante el secado



en la fermentación y a quienes llamaremos precursores de sabor y aroma.

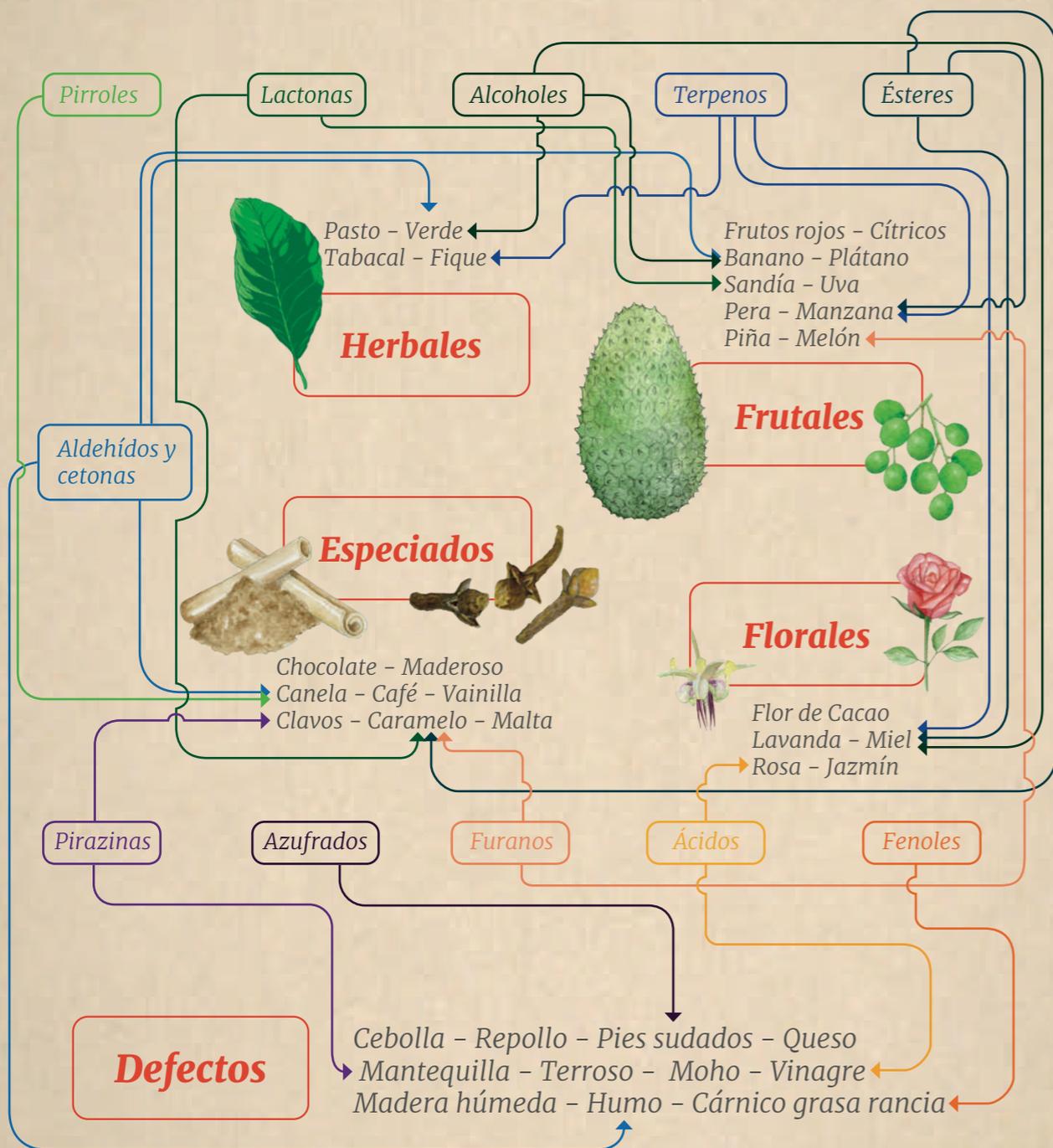
Esta reacción es muy importante porque es la responsable de que a partir de los precursores generados en la fermentación se formen compuestos de aroma y sabor característicos del cacao, y que hacen tan especial desde el punto de vista sensorial este alimento. Sin embargo, durante dicha reacción se pueden modificar de forma involuntaria el porcentaje aminoácidos esenciales, afectando la calidad nutricional del producto final, además de las ventajas conocidas de la reacción Maillard, cuando no se controlan las condiciones en que ocurre se generan contaminantes térmicos conocidos como compuestos neoformados (CNF). Estos son: La acrilamida, N-carboximetil-lisina (CML) y 5-hidroxi-metil-2-furfural (HMF) que en algunas ocasiones pueden estar presentes

en productos derivados de cacao como: bebidas a base de chocolate, coberturas y chocolatería, entre otros. Múltiples estudios han determinado que el alto consumo de estos compuestos puede ocasionar un impacto negativo en la salud del consumidor. Además de los derivados del cacao muchos alimentos de consumo común también contienen trazas de estas sustancias entre los que se encuentran las frituras, la panela, el pan, las galletas, café y los buñuelos.

Con el fin de entregar un alimento "inocuo" al consumidor dentro del proceso de poscosecha con simples acciones podemos evitar que se generen estos compuestos indeseados, una forma es registrar la temperatura de secado la cual no debe superar los 50°C, generando un proceso de secado más lento, pero evitando la producción de estas sustancias indeseadas.

Compuestos aromáticos en el cacao

En la siguiente figura podemos observar como diferentes compuestos químicos generan aromas y sabores que son percibidos sensorialmente y permiten controlar la calidad del cacao.



¿Cómo identificar la calidad del cacao?

Para obtener cacao de alta calidad y con características sensoriales diferenciadoras, se debe realizar una adecuada selección y recolección de los frutos en su óptimo grado de madurez, así como el control de la fermentación y el secado para que se formen los precursores de aromas y sabores.



Los invitamos a poner en práctica los cinco sentidos para evaluar desde el árbol, el desgrane, la fermentación, el secado y en los procesos de fermentación y que se sorprendan con los colores, formas, sabores y aromas de este maraviloso fruto.

Un cacao de alta calidad apreciado comercialmente por sus características sensoriales especiales de aroma y sabor, debe estas cualidades a un cuidado permanente en todo el proceso de beneficio del grano, partiendo de la recolección de mazorcas en estado óptimo de maduración y sin evidencia de daño físico y biológico, debido a que estas cuentan con una composición química de azúcares, ácidos, proteínas, polisacáridos y polifenoles como se ha mencionado anteriormente, responsables de generar los precursores de aroma y sabor que se irán desarrollando durante la fermentación y secado, conduciendo a la generación de características sensoriales de gran interés para el consumidor.

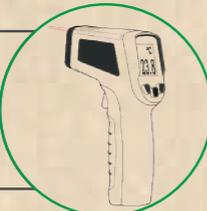
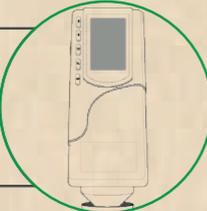
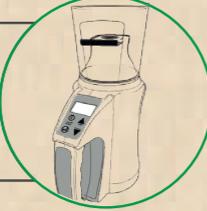
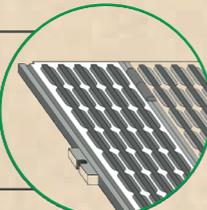
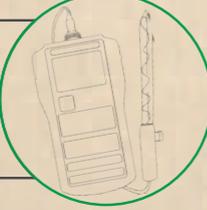
Un cacao debidamente procesado debe tener características sensoriales frutales, florales, acidez frutal, dulce como miel, caña, caramelo, frutos secos, como almendras, nueces, maní tostado y libre de contaminantes tanto físicos (ramas, pelos, piedras o cualquier material diferente al cacao), químicos (combustible, productos de limpieza y desinfección) y biológicos (roedores, insectos, moho). Además de no tener presencia de notas como: Humo, cigarrillo, queso rancio, madera mojada, acidez acética (vinagre), terroso, pies sudados, vegetales crudos como papa, pepino, repollo, entre otras.

Un laboratorio en el cultivo

El cacao es un cultivo complejo y para entenderlo es necesario realizar muchas pruebas en el laboratorio. Sin embargo, hay análisis que se pueden hacer en el cultivo con bajos costos. Saber aplicarlos puede ayudar al productor a mejorar la calidad de su cosecha.

La unión de ciencias como la Química, Biología, Microbiología, Análisis Sensorial, en torno a la calidad del cacao, generan conocimiento que permite definir cacaos finos de aroma y sabor para mejorar información de la riqueza de estos atributos del cacao colombiano en el ámbito mundial.

Análisis para el cultivo

Determinación de la temperatura en la fermentación de granos de cacao	
Determinar color en granos de cacao en campo	
Determinación de humedad y densidad en granos de cacao utilizando balanza de humedad mini gag plus	
Determinación de granos bien fermentados, insuficientemente fermentados, pizarrosos, mohosos, pasilla, germinados y dañados por insectos	
Determinación de pH en granos de cacao en campo	

1. Análisis gustativo

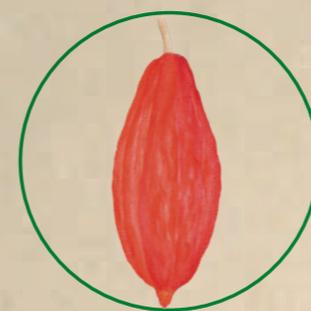
Prueba gustativa de las mazorcas para determinar la calidad de sabor y aroma del fruto.

2. Análisis visual diario

Prueba visual día a día en los cajones de fermentación para determinar los cambios de color en el mucilago de los granos.

3. Análisis olfativo diario

Prueba olfativa día a día en los cajones de fermentación.



Agradecimientos

Los coordinadores de los Grupos de Investigación, investigadores y equipo de trabajo agradecen a:

los cultivadores de cacao, a sus familias por entregar su vida al cuidado de árboles y frutos para ser transformados en productos que nos dan notas de sabor, aroma y alegría a todos los consumidores.

Agradecemos a los cultivadores de las subregiones antioqueñas de Bajo Cauca, Magdalena Medio, y Urabá por su conocimiento y experiencia y por los frutos que cuidaron y ofrecieron para el desarrollo de los experimentos que nos permitieron entender científicamente como se desarrolla, en nuestra región, el proceso de fermentación y secado y determinar así los puntos de control para mejorarlos y estandarizarlos procurando una calidad competitiva en los criterios internacionales.

Esperamos que nuestros resultados regresen a los cultivadores en forma de mejor calidad de vida y precio del grano seco para que en la cadena de cacao su trabajo sea valorizado en la justa medida como la valiosa contribución que hacen para el desarrollo de un sector económico de nuestro país.

Agradecemos a todos los técnicos en campo, a los estudiantes, e investigadores que con su trabajo y amor contribuyeron para el desarrollo de esta investigación.

Al convenio especial cooperación N° 4600003895.

Agradecemos al ente financiador, el Sistema General de Regalías, a la Gobernación de Antioquia, y los aliados en el desarrollo de la investigación la Corporación Universitaria Lasallista, la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO) y la Universidad de Antioquia, por la labor administrativa que permitió invertir y ejecutar a satisfacción estos recursos públicos.

Poner tu corazón, mente y alma en todos tus actos garantiza ofrecer calidad y amor en tu quehacer diario.





Gracias cultivadores de cacao



Convenio especial cooperación N° 4600003895
celebrado entre el Departamento de Antioquia – Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural,
Universidad de Antioquia, Corporación Universitaria Lasallista y Fedecacao

Unilasallista★
Corporación Universitaria
Vigilada por el Ministerio de Educación

 **FEDERACION
NACIONAL DE
CACAOTEROS**

 **SGR**
Sistema General de Regalías

 **UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
1803

 **GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA**

 **UNIDOS**

Proyecto Sistema
General de Regalías

Implementación de modelos para garantizar la calidad
del grano de cacao en poscosecha: Estrategias sostenibles
enmarcadas en el comercio internacional